

ÜBER DIE FORMEN DER ARTERIELLEN RINGANASTOMOSEN
IN DER WEICHEN HIRNHAUT DES NEUGEBORENEN

von

HANS-JOST SCHAUMANN

1967



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Pathologischen Institut der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. H. Bredt

ÜBER DIE FORMEN DER ARTERIELLEN RINGANASTOMOSEN
IN DER WEICHEN HIRNHAUT DES NEUGEBORENEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

HANS-JOST SCHAUMANN

aus Stettin

1967

Dekan: Professor Dr. Diethelm

Referent: Professor Dr. Ruckes

Korreferent: Professor Dr. Bredt

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Juli 1967



Gesamtherstellung:

Ditters Bürodienst Mainz

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A Einleitung und Fragestellung	1
B Material und Methodik	2
C Ergebnisse	3
Vorbemerkung und ROUXsche Regeln	3
I. End-zu-End-Anastomosen	4
II. Die Ringe	5
III. Die Morphologie der Ringanastomosen	9
1. Einzelringe	9
2. Ringketten	10
3. Ringe in Netzformation	10
IV. Besprechung der Ergebnisse	11
a) Rückblick in der Literatur	11
b) Ringsysteme in anderen Organen	13
c) Stellungnahme zu den eigenen Beobachtungen	13
D Zusammenfassung	16
Schrifttum	18

A EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Nach ihrem Eintritt in die Schädelhöhle benutzen die Arterien - wenn man vom Circulus arteriosus WILLISII absieht - zum größten Teil die Pia mater als Leitbahn. Sie verzweigen sich über der ganzen Hirnoberfläche und treten dann erst in das Gehirn, in ihr eigentliches Versorgungsgebiet, ein. Es ergibt sich somit ein Gefäßabschnitt, der den das Gehirn versorgenden Arterien vorgeschaltet ist, von PFEIFER als derivativer Abschnitt - verteilender Abschnitt - bezeichnet (Schema 1).

In verschiedenen Arbeiten werden neben der groben arteriellen Gefäßversorgung über den Circulus arteriosus WILLISII auch End-zu-End-Anastomosen zwischen den großen Arterien, sowie arterielle Ringverbindungen in der Pia mater beschrieben (E.H.EKKER 1852, O.HEUBNER 1874, R.A.PFEIFER 1931, A.SCHULTZ und H.J.KNIBBE 1952, H.M.VAN DER EEKEN 1953/1959, H.W.SCHMIDT 1954, A.Th.STEEGMANN 1959).

Aus den Arbeiten von VAN DER EEKEN geht hervor, daß die bihemisphär verlaufenden Arterien - A.cerebri anterior, A.cerebri media und A.cerebri posterior - untereinander anastomosieren, und zwar einesteils in Form von End-zu-End-Anastomosen, andererseits aber auch in Ringform. Von diesen Arterien zweigen in die Tiefe steigend die Rami perforantes zur Hirnsubstanz ab, ein Gefäßgebiet, das von PFEIFER ausführlich beschrieben wurde. Die Form und Funktion der arteriellen Gefäßversorgung in der Pia mater muß somit - wenn man von den kleinen Ästen der drei oben genannten großen Hirnarterien, die unmittelbar in das Gehirn eintretend einen Teil der zentralen Kerngebiete versorgen, absieht - von erheblicher Bedeutung für die arterielle Versorgung der Hirnrinde und des Centrum semiovale sein.

In der Monographie von PFEIFER wird angeführt, daß der Gefäßverlauf an den weichen Hirnhäuten nicht verfolgt werden konnte, weil durch die angewandte Tuscheinjektion die gesamte Pia mater verfärbt war.

Somit ergeben sich aus der vorliegenden Literatur Fragen bezüglich der Vascularisation der Gebiete, die zwischen den von VAN DER EEKEN beschriebenen End-zu-End-Anastomosen und größeren arteriellen Ringanastomosen liegen. Bisher liegen über diese Gefäßabschnitte, ihren Verzweigungsmodus und ihre Formation nur wenige Angaben vor. Die Tatsache jedoch, daß der Sauerstoffbedarf der Großhirnrinde eine gute arterielle Gefäßversorgung voraussetzt, bedingt zwangsläufig eine entsprechend engmaschige, arterielle Vascularisierung

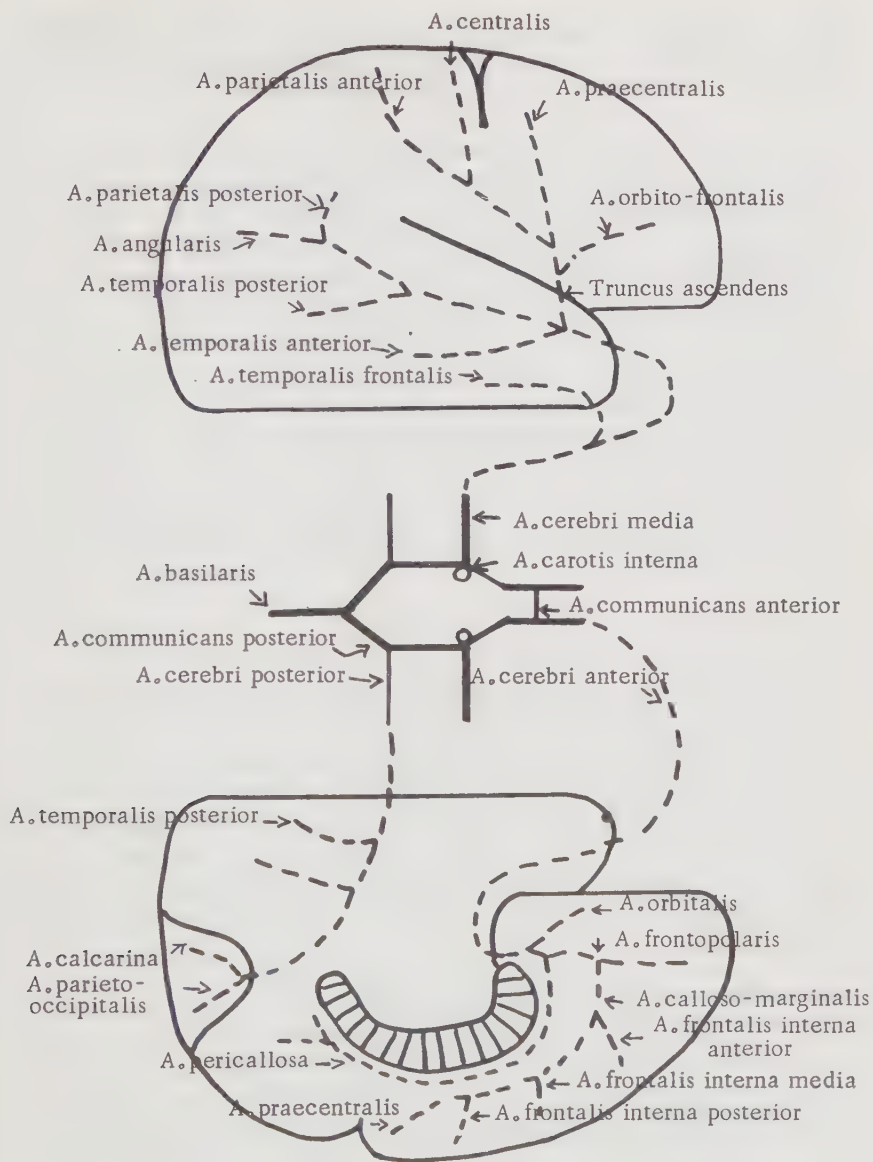
der Pia mater. Es soll die Aufgabe dieser Arbeit sein, einen Beitrag zur Aufklärung dieser bisher nicht beschriebenen Gefäßversorgung zu leisten.

B MATERIAL UND METHODIK

Unsere Untersuchungen wurden an sogenannten Häutchenpräparaten durchgeführt. Diese wurden folgendermaßen angefertigt:

Bei 10 Neugeborenen unterschiedlichen Reifegrades wurde das arterielle Gefäßnetz mit einem Tuscheeiweißgemisch dargestellt. Die Injektion des aus 2 Teilen Tusche und 1 Teil Hühnereiweiß bestehenden Gemisches erfolgte - nach anfänglichen Fehlschlägen am herausgenommenen Gehirn - von der Aorta her in Situ bei weitgehend geschlossener Brusthöhle. Hierbei wurde nur durch Entfernung eines Teiles des Brustbeines der Aortenbogen freigelegt, die Aorta deszendens unterbunden und vom linken Ventrikel her injiziert. Das Injektionsmittel wurde aus etwa 1 m Höhe injiziert. Es erwies sich als vorteilhaft, nach Fensterung des Schädels und vorsichtiger Freilegung der Pia mater (ohne Verletzung der Gefäße) die Darstellung der Injektion des Gefäßsystems zu verfolgen. Mit dieser Methode gelingt es, eine subtotale Darstellung des arteriellen Gefäßgebietes zu bekommen, da die Zufuhr des Injektionsmittels jederzeit leicht unterbrochen werden kann. Nach der Injektion wurde das Gehirn in toto entnommen und unmittelbar in 10% igem Formalin fixiert.

Je nach Reifegrad lassen sich die weichen Hirnhäute einer ganzen Hemisphäre oder Teile einer Hemisphäre unter vorsichtiger Abtrennung der Rami perforantes entfernen. Auch die in den Sulci gelegenen Anteile lassen sich bei vorsichtiger Präparation unbeschädigt von der Hirnoberfläche abziehen. Die so gewonnenen "Häutchen" wurden, um einen besseren Kontrast zu den Venen zu erzielen, in toto mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt. Mit dieser Methode gelingt es, die injizierten arteriellen Gebiete kontrastreich von den nicht injizierten venösen Abschnitten abzugrenzen. Die so gewonnenen "Häutchen" wurden nunmehr wie andere histologische Schnitte auf Glasplatten in der Größe 9 x 12 cm aufgezogen und mit Caedax eingedeckt. Es erwies sich als günstig zur Vermeidung von Luftblasen, das käufliche Caedax im Brutschrank bis zu einer honigartigen zähen Konsistenz einzudicken. Mit dieser Methode werden Luftblasen weitgehend vermieden; erhebliche Niveauunterschiede innerhalb des eingedeckten Präparates sind jedoch hierbei trotz Beschweren des Deckglases (ebenfalls eine 9 x 12 cm große Glasplatte) nicht zu vermeiden. Diese spielen jedoch bei der Betrachtung und Auswertung mit der binokularen Lupe und an-



Schema 1.

schließlich mit dem Mikroskop keine besonders störende Rolle, da die Niveauunterschiede durch die Mikrometerschraube leicht ausgeglichen werden können.

Bei der Vielfalt der sich darstellenden arteriellen Gefäßformationen mußte zur Auswertung nunmehr eine Methode herangezogen werden, die es ermöglichte, unabhängig vom Mikroskop das gesamte injizierte Gefäßgebiet jederzeit optisch zugänglich zu machen. Mit Hilfe eines Photomikroskopes wurden die Einzelpräparate streifenförmig in Einzelaufnahmen zerlegt (Abbildungsmaßstab 1 : 3,2); die so gewonnenen Aufnahmen wurden im Maßstab 1 : 10 vergrößert, so daß eine Endvergrößerung von 1 : 32 resultierte. Nunmehr war es relativ leicht, diese Einzelaufnahmen (von einzelnen Häutchen bis zu 200 Aufnahmen) in Form einer Photomontage zusammenzufügen, so daß nun ein Überblick über Teile oder ganze Hemisphären in einer Vergrößerung von 1 : 32 möglich war. Diese Methode hatte weiterhin den Vorteil, daß bei nur teilinjizierten Präparaten die fehlenden, nicht injizierten Abschnitte unter mikroskopischer Kontrolle des entsprechenden Häutchenpräparates an der Vergrößerung vervollständigt werden konnten.

C ERGEBNISSE

In der Übersicht zeigte sich, daß das gesamte arterielle System der Pia mater ein mehr oder weniger dichtes Netzwerk bildet. Es lassen sich zunächst größere Ringe abgrenzen, die durch die Anastomosen zwischen A.cerebri anterior, A.cerebri media und A.cerebri posterior entstehen (VAN DER EEKEN). Die Seitenäste dieser großen Arterien bilden ihrerseits erneut Ringe: einmal durch End-zu-End-Anastomosen, zum anderen durch Ringformationen. Zwischen diesen Formationen liegt nunmehr ein sehr mannigfaltig geformtes arterielles Netz, das wir im folgenden als "terminales arterielles Netz" der Pia mater bezeichnen wollen.

Innerhalb dieses zwischen den Seitenästen sich ausbreitenden Arteriennetzes sind an allen Präparaten immer wiederkehrende bestimmte Formen zu beobachten. Bevor wir auf diese eingehen, möchten wir im folgenden kurz die von ROUX aufgestellten Regeln für die Verzweigung von Blutgefäßen einblenden, da sie bei der Deutung der einzelnen Formen bezüglich ihrer Entstehung von erheblicher Bedeutung sind.

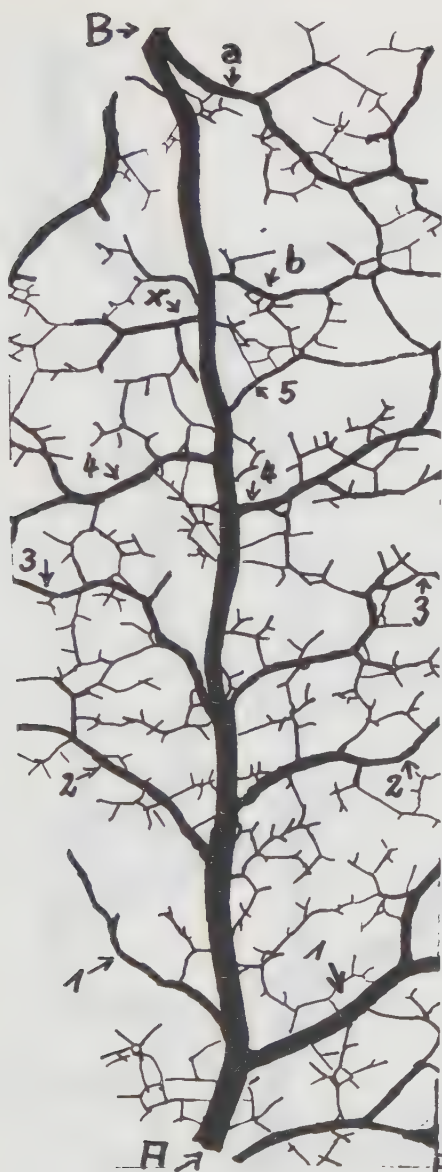
Die ROUXschen Regeln für die Verzweigung von Blutgefäßen anhand von Beobachtungen an der Leber besagen:

"Bei der Abgabe eines Astes, dessen Durchmesser in der lichten Weite $\frac{2}{5}$ des Stammes überschreitet, zeigt sich der Arterienstamm von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt. Die Ablenkung erfolgt nach der dem Aste entgegengesetzten Seite und ist stets geringer als die Abweichung des Astes von der ursprünglichen Stammesrichtung. Die Größe der Ablenkung wächst mit der relativen Stärke des Astes, und bei konstantem Verhältnis der Stärke von Ast und abgelenktem Stamm wächst die Ablenkungsgröße des Stammes annähernd proportional der Ablenkung des Astes. Teilt sich ein Stamm in zwei gleich starke Zweige, so stehen beide in gleichem Winkel zur Richtung des Stammes. Gehen Äste von ablenkungsfähiger Stärke von einem Stamm nacheinander auf verschiedenen Seiten ab, so beschreibt der Stamm im ganzen eine Zickzacklinie. Entspringen gleich starke Äste an demselben Querschnitt, aber auf entgegengesetzter Seite eines Stammes unter gleichem Winkel zu ihm, so zeigt der Stamm keine Ablenkung. Gehen mehrere Äste nacheinander auf derselben Seite eines Stammes ab, während auf der entgegengesetzten keine oder nur verhältnismäßig schwache Äste abgehen, so stellt der Stamm eine nach dieser letzteren Seite konkave Bogenlinie dar. Äste, welche so schwach sind, daß bei ihrer Abgabe der Stamm keine Ablenkung zeigt, entspringen meist unter großem, über 70 Grad betragendem Winkel. Äste, welche so stark sind, daß bei ihrer Abgabe der Stamm beträchtlich abgelenkt ist, entspringen unter Winkeln von weniger als 70 Grad. Der Ursprung der Äste erfolgt häufig nicht in der Richtung, welche der nächste Weg zum Versorgungsgebiet sein würde."

Bei den im folgenden niedergelegten Ergebnissen wurden diese Regeln bei der Erfassung der Ringformationen gedanklich zugrunde gelegt. Es kann vorweggenommen werden, daß für die horizontale Ebene des Gefäßnetzes der Pia mater diese Regeln angewandt werden können. Bezüglich der senkrecht zum Hirn abgehenden Rami perforantes kann, was die Ablenkung des Gefäßstammes durch diese Äste betrifft, keine Aussage gemacht werden, da diese Äste beim Ablösen der Pia mater vom Gehirn zwangsläufig durchtrennt wurden, und, entsprechend der angegebenen Technik, das gesamte Gefäßnetz in eine Ebene (horizontal) verlegt wurde.

I. End-zu-End-Anastomosen

Bei der Betrachtung der folgenden Präparate bewegen wir uns in der Größenordnung von kleinen Arterien und Arteriolen. Hier soll zunächst eine End-zu-End-Anastomosenbildung zwischen Arterien gezeigt werden (Abb. 1). Als Ast der A. cerebri media gibt Gefäß A während seines Verlaufes außer mehreren kleinkalibrigen Ästen nach rechts und links jeweils drei Paar Äste (Nr. 1, 2, 3)



A →

Abbildung 1

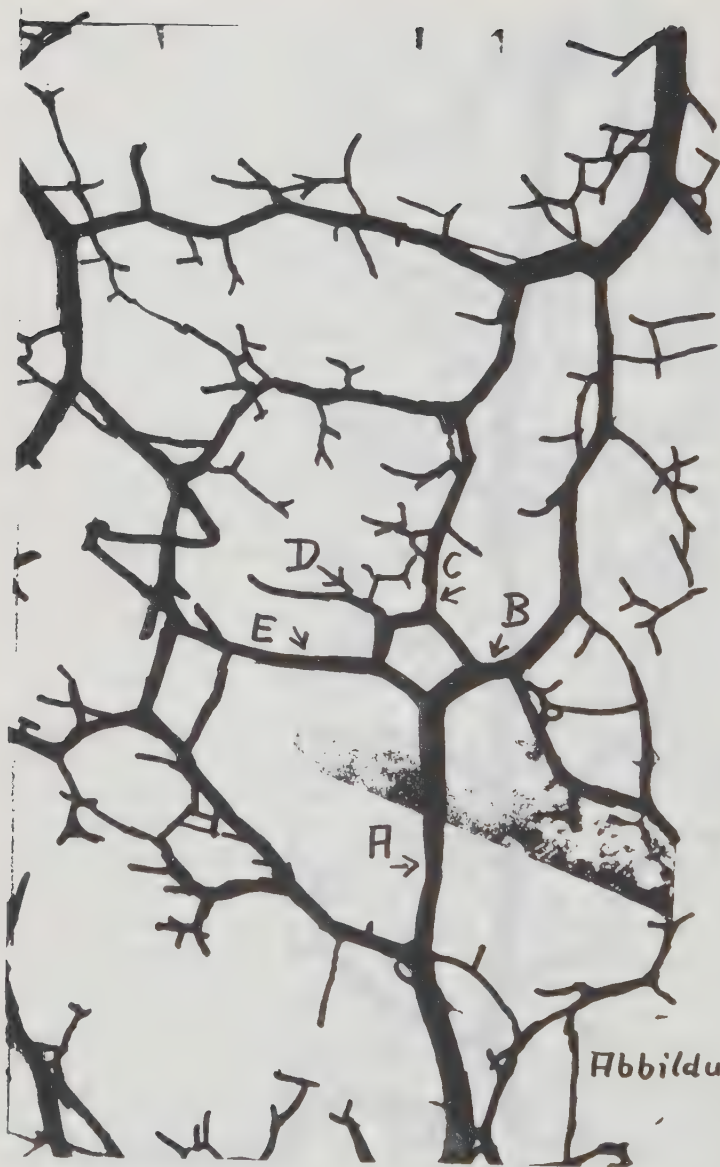


Abbildung 2

unter spitzem Winkel ab, deren Einzelkaliber etwa die Hälfte des Hauptstammes A beträgt. Da der Abgang dieser Ästepaare jeweils nahezu auf gleicher Höhe nach beiden Seiten erfolgt, kommt es zu keiner nennenswerten Abweichung in der Verlaufsrichtung von A. Gefäß B, als Seitenast der A.cerebri anterior, hat annähernd das gleiche Kaliber wie A. Durch die spitzwinklige Abgabe des Seitenastes a mit annähernd der Hälfte des Stammkalibers kommt es bei B zu einer Verlaufsabweichung in Richtung A, mit welchem letzten Endes ein Ineinanderfließen erfolgt (Punkt X). Der Zusammenfluß der beiden Gefäße deutet sich bei A in der Abgabe eines weiteren Astpaares (Nr.4) mit stärkerem Kaliber an, wobei der Abgang nahezu unter einem Winkel von 90 Grad erfolgt. Danach kommt es noch einmal zum Abgang eines etwas kaliberschwächeren Astes (Nr.5) unter spitzem Winkel, dem ein ebensolcher und nach der gleichen Seite erfolgender Astabgang von B entspricht (b).

Deutung:

Dieser anscheinend paradoxe Abgang beider Äste (b und Nr.5), die aufeinander zulaufen, zeigt das Aufeinandertreffen der verschiedenen Stromrichtungen an und ist wohl funktionell bedingt. Zur Bekräftigung dieser Ansicht findet man in Höhe der vermuteten Stromumkehr (Punkt X) nach der anderen Seite den Abgang eines Astes unter einem Winkel von etwa 90 Grad, ein Befund, der durch einen Druckausgleich zwischen dem Angebot von A und B in hämodynamischer Sicht zu erklären ist. Wir haben somit eine End-zu-End-Anastomose. Der Verlauf beider Gefäße wird den ROUXschen Regeln gerecht. Der Abgang des Astpaares Nr.4 unter Winkeln von 90 Grad weist wohl darauf hin, daß der Punkt X nicht fixiert ist, sondern innerhalb einer bestimmten Gefäßstrecke schwanken kann, möglicherweise durch hämodynamische Druckschwankungen zwischen den Gefäßen A und B bedingt.

II. Die Ringe

Nach der Darstellung einer End-zu-End-Anastomose zeigen die nachfolgenden Befunde aus dem Gebiet der A.cerebri media völlig andere Verhältnisse (Abb.2).

Gefäß A teilt sich dichotom in zwei annähernd gleich starke Äste auf, die unter gleichem Winkel zum Stamm stehen. Der eine Ast geht in einen ebenfalls auf diese Weise gebildeten Endast aus Gefäß B über, der andere in einen ebensolchen aus Gefäß E. Die Gefäße B, C und E schließen sich dem Vorbild der dichotomen Aufteilung von A an, wodurch es zu einer kettenförmigen An-

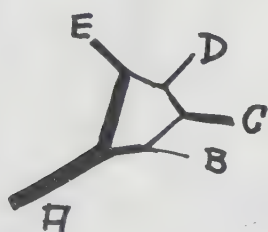
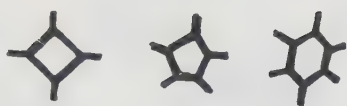
einanderreihung kommt, die durch das Zusammengehen von Teilungsästen aus C und E zu dem neuen Gefäß D die Form eines Ringes erhält. Es handelt sich um einen Fünfering, dessen Bezeichnung durch die Zahl der zuführenden bzw. abgehenden Äste festgelegt ist. Außerdem kommt es bei annähernd gleichbleibendem Kaliber der dichotomen Aufteilung zu einer annähernd geometrischen Fünfecksform (ROUXsche Regeln).

Vor weiteren Befunden seien zunächst einige Erörterungen zum Verständnis des folgenden angeführt. Der eben beschriebene Ring ist in der dargestellten Gleichmäßigkeit in Form und Kaliber selten anzutreffen. Jedoch findet man diese Gleichmäßigkeit auch bei Anastomosen in Form von Vierer- und Sechseringen (Schema 2).

Diese drei Ringformationen kann man als Grundformen betrachten, da Ringe mit weniger oder mehr Ästen selten sind. Häufig findet man diese drei Ringe in verzerrter Form, durch Kaliberschwankungen der einzelnen Gefäße untereinander und den sich daraus ergebenden Folgerungen in der Anwendung der ROUXschen Regeln zu erklären. Zur Erläuterung kann das Schema 2 herangezogen werden. Dort sieht man in der unteren Abbildung die Gefäße A, C und E kalibermäßig führend. Diese bestimmen auch die Form des Fünferinges. A verzweigt sich dichotom, um einerseits in den Stamm von E (Kaliber!) überzugehen. Der andere Ast von A verzweigt sich weiter in B und in einen Ast zu C. Dadurch wird B zwangsläufig zu einem Ast des Fünferinges, der unter dem Zusammenfließen von Ästen aus C und E geschlossen wird, wobei D entsteht. Dieser verzerrte Fünfering weist Kaliberschwankungen innerhalb der Seitenäste auf, und zwar durch die schwachen Äste B und D. Im Vergleich zum erstbeschriebenen Fünfering (Abb. 2) gibt es hier nur drei selbständige Gefäße. Die restlichen zwei Äste nehmen nur sekundär an der Ringbildung teil. B bildet als schwacher Seitenast kaum einen Winkel aus, und D wird wie auch in Abb. 2 aus Seitenästen gebildet. Es kommt zwangsläufig durch diese Kaliberschwankungen zu einem unterschiedlichen Winkelverhältnis und zu einer verzerrten Ringform.

Nimmt die Zahl der selbständig an der Ringbildung beteiligten Gefäße weiter ab, so ist die Verzerrung noch ausgeprägter. Diese Ausführungen lassen sich auch auf die Vierer-, Sechser- und anderen selteneren Ringe übertragen.

In Abb. 3 besteht zwischen den Gefäßen A und B, bevor sie ineinander übergehen, ein Netz querverbindender Arterien. In diesem Netz fallen die Sechserringe 1 und 2 auf. Ring 1 geht aus der dichotomen Aufzweigung eines Seitenastes von A hervor und zeigt keinen nennenswerten Kaliberabfall. Er gibt einen Ast direkt zu B weiter, während die anderen Äste sich in dem Netz zwi-



Schema 2

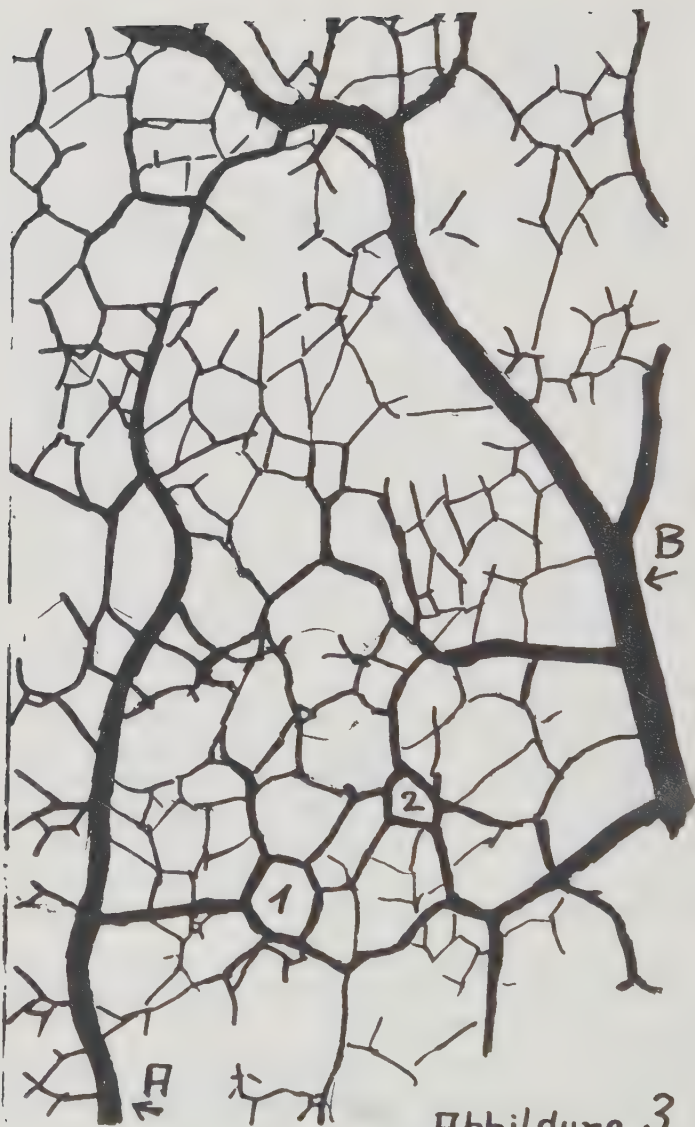


Abbildung 3

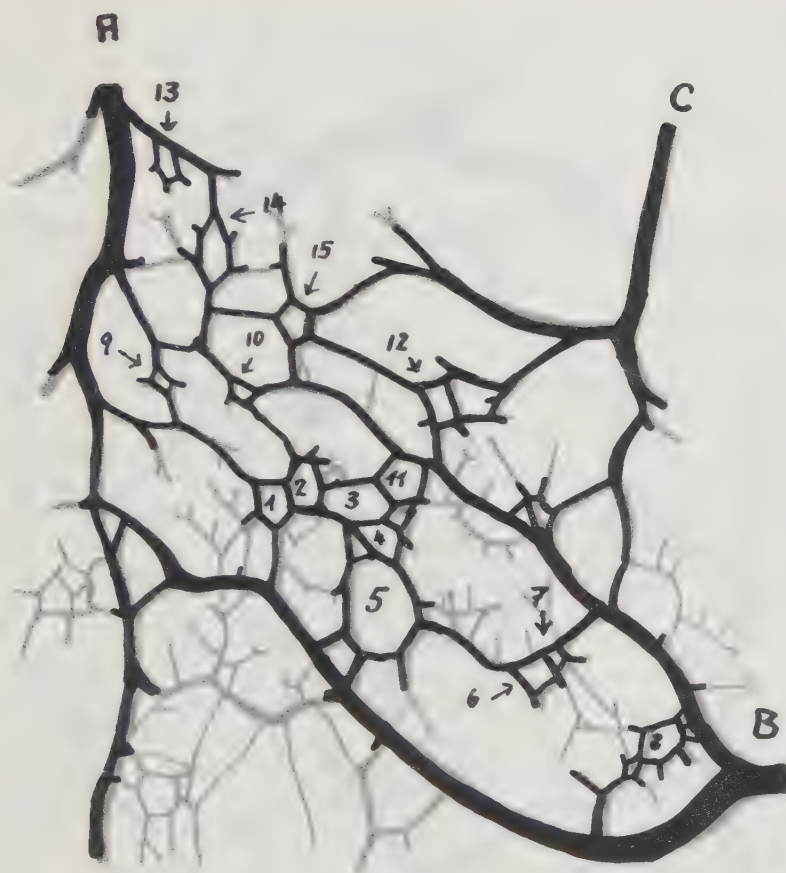


Abbildung 4

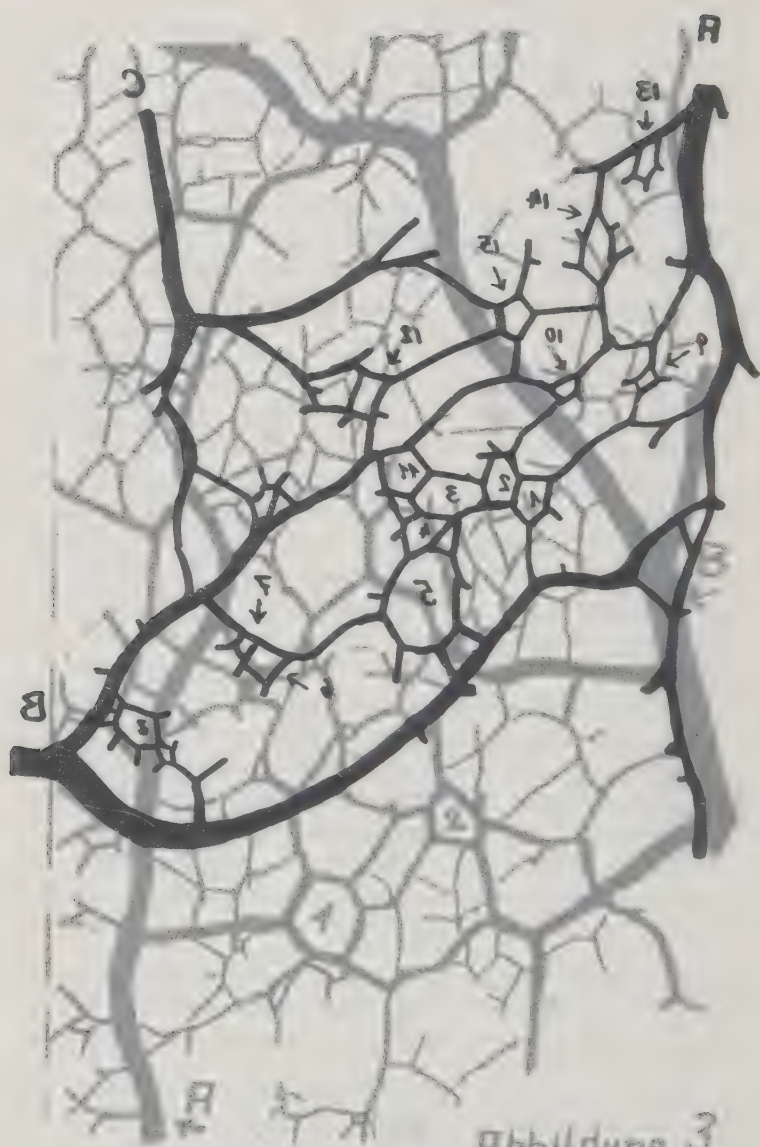


Abbildung 3

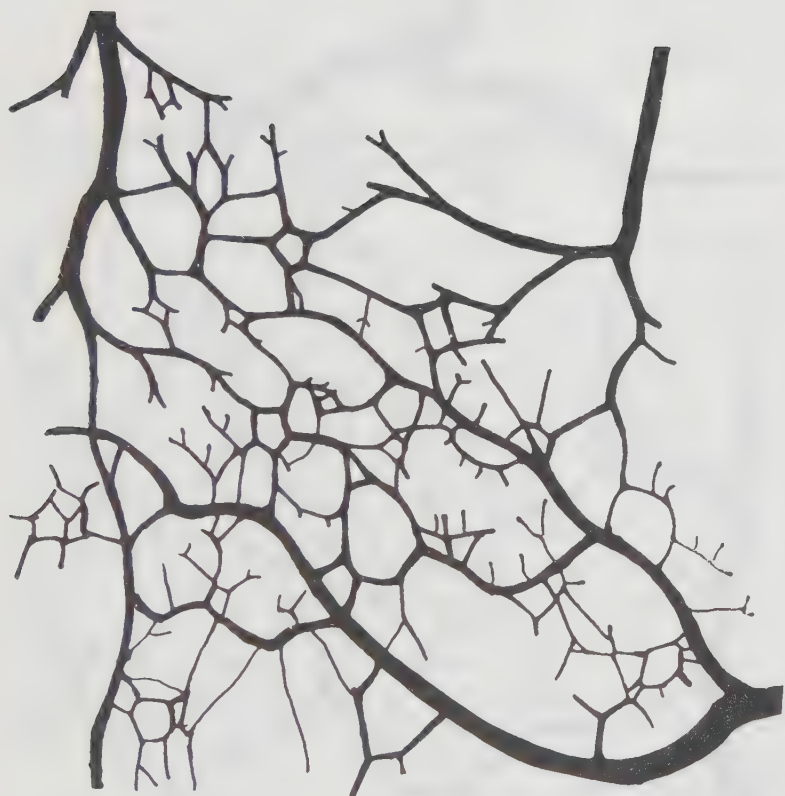


Abbildung 4

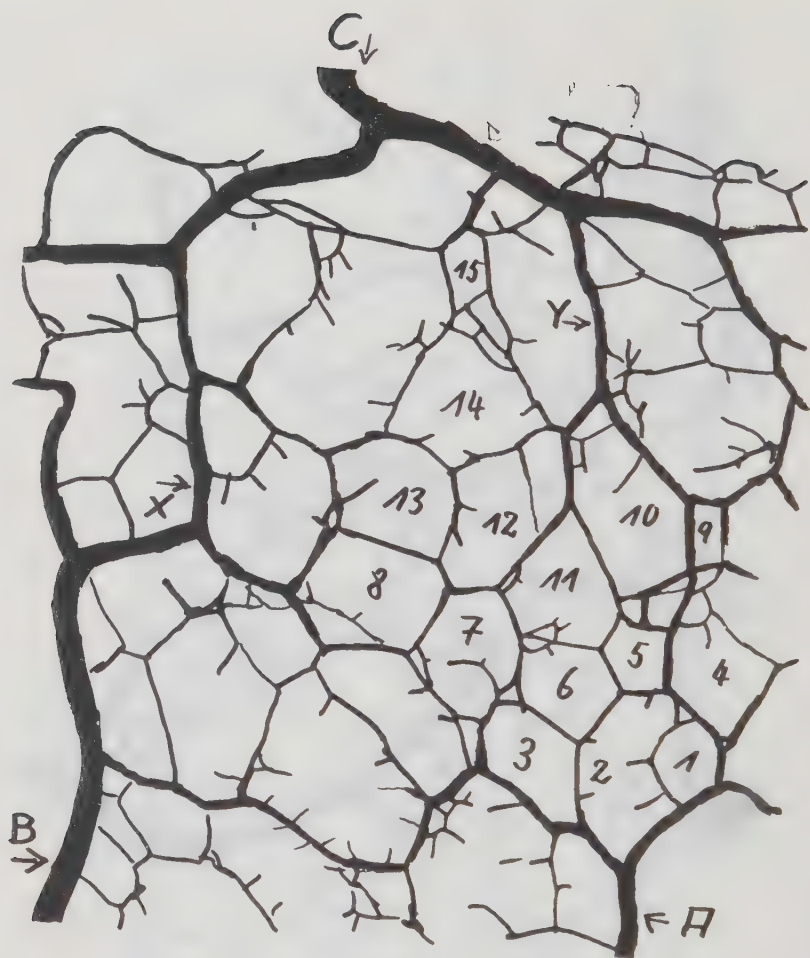


Abbildung 5

schen A und B weiter verteilen. Äste gehen zu Ring 2, der ähnlichen Aufbau und Kaliber wie Ring 1 hat. Ring 2 steht durch Äste mit Gefäß B in direkter Verbindung. Beide Ringe sind infolge des gleichbleibenden Kalibers wohlgeformte Sechseringe. Sie stellen neben direkten Querverbindungen zwischen A und B zusätzliche Verbindungsmöglichkeiten dar. Außerdem sind sie Knotenpunkte kleinerer Äste im Netz zwischen A und B.

So wie in Abb.3 zwei Ringe zwischen größeren Gefäßen (A und B) und auch untereinander Gefäßverbindungen herstellen, trifft man in Abb.4 eine ganze Reihe solcher Einzelringe.

Die Gefäße A und B bilden eine End-zu-End-Anastomose, während Gefäß C keine direkte Verbindung zu ihnen hat. Zwischen A und B einerseits und C auf der anderen Seite liegt ein Netz niederkalibriger Gefäße. Hält man sich an die vorher beschriebenen Formen von Vierer-, Fünfer- und Sechseringen, so lassen sich hier, wenn auch nicht immer so deutlich, gewisse einheitliche Formen erkennen. Entlang der Gefäßlinie A - B sieht man einzelne Ringanastomosen (13,9,1,5,6,8). Diese Ringe stehen untereinander und mit der Anastomose A - B durch Äste in Verbindung. Es handelt sich um Vierer- und Fünferinge, die im Vergleich zu früher beschriebenen Ringen ein geringeres Kaliber haben und in ihrer Form oft verzerrt sind. An diese Ringreihe schließen sich in Richtung der Arterie C weitere Ringe an. Sie stehen teilweise in lockerer Verbindung mit der zuerst erwähnten Reihe (10,14) oder bilden regelrechte Einheiten (1,2,3,4,5 und 6 mit 7). Eine letzte Gruppe steht in Verbindung mit dem Gefäß C (15,12,11). In dieses so entstehende Netz sind auch Äste von geringerem Kaliber eingeschaltet. Ohne die Kenntnis des Aufbaues der vorher beschriebenen Einzelringe wäre in dieser Abbildung eine Gliederung des Netzes nicht möglich. Die beschriebenen Ringe bilden teils eine Einheit für sich, während die an Kaliber schwächeren Äste zwischen diesen wohlgeformten Ringen nicht mehr nach den Gesichtspunkten der Ringbildungen einzuordnen sind. Andere Ringe dagegen bilden Netze, in denen die einzelnen Ringindividuen mehr oder weniger ihre Selbständigkeit verloren haben (1,2,3,4,5).

Ganz andere Verhältnisse zeigt Abb.5. Die Gefäße B und C bilden über Seitenäste eine End-zu-End-Anastomose (X), die in ihrer Anlage den ROUXschen Regeln gerecht wird. Gefäß A hat keine direkte Verbindung zu B oder C. Gefäß A teilt sich im Sinne der ROUXschen Regeln dichotom in zwei Endäste auf. Etwas Ähnliches beobachtet man an einem Seitenast aus der End-zu-End-Anastomose zwischen B und C in Höhe von X. Von Gefäß C kommt schließlich

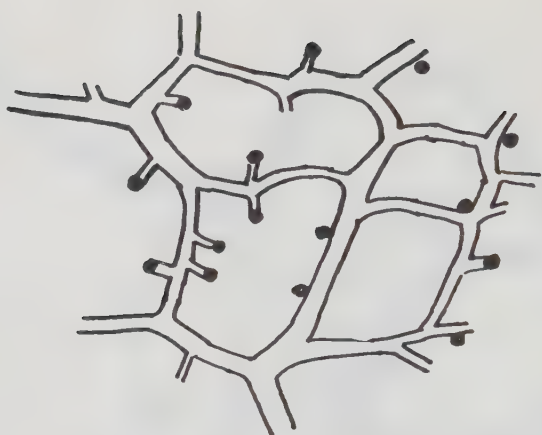
auch ein Seitenast, der sich ebenfalls dichotom aufteilt (Y). Diese Verzweigungen stellen keinen Endzustand dar, sondern an den drei genannten Stellen kommt es zu weiterer dichotomer Aufzweigung in Äste 2. und 3. Grades, die untereinander über Anastomosen wieder zusammenfinden. So kommt es, daß zwischen den drei Ausgangspunkten A, X und Y ein großes Dreieck liegt, das aus einzelnen wohlgeformten Ringen besteht. Diese liegen Seite an Seite, und man findet keine Einzelringe im Sinne früherer Abbildungen. Zwischen A und dem erwähnten Seitenast bei X liegt die Ringreihe (2, 3, 7, 8). Von A zu dem Seitenast Y leitet die Ringreihe (1, 4, 5, 9, 10) hinüber, zwischen den beiden Seitenästen Y und dem bei X liegen die Ringe (12, 13, 14). Im Mittelpunkt dieses Dreieckes liegen als Füllung die restlichen Ringe (6 und 11). Es handelt sich um Vierer-, Fünfer- und Sechseringe, die alle ein gleichbleibendes Kaliber besitzen, das aber unter dem der Hauptgefäße liegt. Die 14 Ringe bilden in der geschlossenen Form eines Dreieckes ein verbindendes Netz zwischen den Gefäßen A, B und C. Der Verlust von Einzelringen auf Kosten eines Seite an Seite liegenden Verbandes von vielen Ringen erklärt sich aus der Art der Aufzweigung der zuführenden Gefäße und deren Bestreben, bestmöglichen Kontakt miteinander zu bekommen. Dieses sowohl als auch das konstante Kaliber und die gut ausgebildete Form der Einzelringe und die End-zu-End-Anastomose B - C weisen darauf hin, daß dieses Dreieck zur Verbindung des Gefäßes A mit den anastomosierenden Gefäßen B und C dient.

Zum Abschluß dieser Bildreihe zeigt Abb. 6 in einem Überblick verschiedene Formen von Anastomosen. Die Zahlen 1-4 sollen die verschiedenen Gebiete markieren. Bei 1 und 2 sieht man je eine End-zu-End-Anastomose zwischen den Gefäßen B und C, sowie A und C. Diese End-zu-End-Anastomosen entsprechen der Beschreibung von Abb. 1. Die Bezirke 3 und 4 sind Zentren für den Zusammenfluß verschiedener Stromgebiete. Es handelt sich jedes Mal um Ringbildungen zwischen benachbarten Seitenästen der Gefäße A und C. Diese zwei Bezirke zeigen gemischte Formen von Ringen: Es kommen einerseits Seite an Seite liegende Gruppen im Sinne der Abb. 5 vor, andererseits findet man auch Einzelringe, wie sie in Abb. 3 und 4 beschrieben wurden. Außerhalb der angeführten Gruppen sind Ringanastomosen verschiedenster Art zu sehen.



Abbildung 6





• = Piatrichter

Schema 3

III. Die Morphologie der Ringanastomosen

Die beschriebenen arteriellen Ringformationen gelten als allgemein verbindlich für die verschiedenen Ringanastomosen im terminalen arteriellen Netz der Pia mater. Die Auswertung der Bildbeschreibungen ergibt eine morphologische Einteilung in Einzelringe, Ringketten und Ringe in Netzformationen.

Im einzelnen ist folgendes zu sagen:

1. Einzelringe (Abb.2 und Schema 2)

Man findet in erster Linie Vierer-, Fünfer- und Sechseringe. Diese Benennung richtet sich nach der Zahl der zu dem einzelnen Ring hinführenden bzw. von dem Ring abgehenden Äste (ohne Berücksichtigung der Rami perforantes, die senkrecht in die Hirnsubstanz eindringen), so daß den Viererring vier Äste, den Fünfering fünf Äste und den Sechsering sechs Äste bilden. Die Ringbildung erfolgt durch dichotome Aufzweigung dieser Äste und anschließende Anastomosierung zweier benachbarter Endgefäße, die aus zwei verschiedenen Arterien stammen müssen. Je nach Kaliber der Äste und des daraus hervorgehenden Ringes unterscheidet man

- a) Einzelringe von regelmäßiger Form,
- b) Einzelringe von unregelmäßiger Form.

Bei ersteren haben im Idealfalle die den Ring bildenden Äste und der Ring selbst das gleiche Kaliber. Dann besitzen die Ringe auch die ihrem Namen entsprechende geometrische Form von Vierer-, Fünfer- und Sechseringen. Die Winkel bei den dichotomen Aufzweigungen sind alle gleich groß. An diesen Ringen kann man die ROUXschen Regeln anwenden. Der Übergang zu den unregelmäßigen Ringformen ist fließend. Liegt nur ein Ast unter dem Kaliber der übrigen, so weicht der Ring nur geringfügig von der geometrischen Grundform ab. Wenn aber der umgekehrte Fall vorliegt und nur ein kaliberstarkes Gefäß sich durch dichotome Aufzweigung an dem Ringbau beteiligt, während die übrigen Äste kalibermäßig auf die Ringform kaum einen Einfluß ausüben, dann kommt es zu verzerrten Formen. Ihre Entstehung läßt sich wiederum durch Anwendung der ROUXschen Regeln erklären. Die Ringform wird durch die großen Gefäße bestimmt. Sie können noch spitze Winkel bilden und so die Form beeinflussen. Die kleineren Gefäße gehen unter Winkeln von nahezu 90 Grad ab, und die Bezeichnung des Ringes weicht von der geometrischen Grundform entsprechend ab.

Kaliberstark und kaliberschwach sind keine absoluten Festlegungen, sondern sie beziehen sich immer nur auf eine Ringeinheit, die aus dem Ring und seinen Ästen besteht. Wenn ein Ring seinen Namen behält, obwohl er von der

geometrischen Grundform abweicht, so kann man das rechtfertigen, weil 1. die Ringform in etwa gewahrt bleibt und deswegen benannt werden muß, und 2. weil alle Äste des Ringes durch die Verbindung zu anderen Gefäßen nach ihrer Herkunft - nach dem betreffenden Ring also - eingeordnet werden müssen.

Ob ein Gefäß zu einem Ring hin- oder von diesem Ring weggeführt, kann nicht immer genau gesagt werden. Sind alle Gefäße gleich stark und kommen sie von höherkalibrigen Ästen her, so kann darüber keine Aussage gemacht werden. Bestehen Kaliberschwankungen, so führen die großen Gefäße meist zu dem Ring hin. Verzweigen sich Äste mit kleinerem Kaliber in einem noch niederkalibrigen Netz, so sind dies meist abführende Äste.

Somit gibt der Name Vierer-, Fünfer- und Sechsering zunächst die Zahl seiner Äste und damit die Zahl der Verbindungswege zum übrigen terminalen arteriellen Netz der Pia mater an. Erst in zweiter Linie (und nicht immer) sagt er etwas über die geometrische Form aus. Die Form des Ringes bezieht sich zwar auf seinen Namen, hängt aber in ihrer Ausprägung von Kaliberschwankungen ab.

2. Ringketten (Abb. 3, 4, 6)

Reiht man die Einzelringe unabhängig von ihrer Form durch kleinkalibrige Äste aneinander, so daß sie in naher Verbindung stehen, so kommt es zur Bildung von Ringketten. Ringketten sind also Einzelringe, die untereinander in naher Beziehung stehen. Die Lage zu übergeordneten größeren Gefäßen spielt eine zweitrangige Rolle. Trotz der zwischengeschalteten, niederkalibrigen Äste bleibt das Ringkaliber jeweils gleich.

3. Ringe in Netzformation (Abb. 5 und 6)

Entwickeln sich die Einzelringe in einer anderen Richtung weiter als es bei den Ringketten geschah, so kommt es zum Verlust ihrer Eigenständigkeit. Wird nämlich die dichotome Verzweigung immer weiter fortgesetzt, bei konstant bleibendem Gefäßkaliber, so kommt es auf Grund der Winkelverhältnisse bei Anwendung der ROUXschen Regeln nicht nur zu einem Auseinanderstreben der Äste, sondern auch zur Anastomosierung der Äste dritten, vierten und weiteren Grades untereinander. Es liegen dann Ringe vor, die nicht mehr selbständig sind, sondern mindestens eine Seite mit einem Nachbarring gemeinsam haben. Die Äste der Ringe sind meist schon wieder Seiten neuer Ringe. Der Einzelring ist keine Einheit für sich, sondern er ist Teil eines Netzes, das nur als ein Ganzes aufzufassen ist. Dabei wird der einzelne Ring

meist seinem Namen gerecht und wahrt die geometrische Grundform, da Kaliber und Winkelverhältnisse bei diesen Ringen in Netzformation meist einheitlich sind. Kommt es zu Kaliberschwan- kungen und zur Betonung einzelner Bezirke, so daß sich wieder einzelne Ringe für sich abzeichnen vermögen, so handelt es sich bereits um Ringketten und nicht mehr um Ringe in Netzformation.

IV. Besprechung der Ergebnisse

a) Rückblick in der Literatur

DÖRFLER schrieb 1935, daß die Arterien der Hirnbasis im Vergleich zu denen, welche die Hirnkonvexität versorgen, bevorzugt von pathologischen Gefäßprozessen befallen werden.

Die Arterien der Hirnbasis dringen direkt in die Gehirnsubstanz ein und versorgen unter anderem die Stammganglien. Sie benutzen dabei nicht das Gefäßnetz der Pia mater, um sich in kleinkalibrige Arterien aufzuteilen. Es handelt sich um folgende Gefäße mit den dazugehörigen Ästen: Aus der A.cerebri anterior kommen die Aa.striatae mediales, die durch die Substantia perforata anterior in das Gehirn eindringen; aus der A.cerebri media gehen die A.chorioidea anterior und die Aa.striatae laterales hervor; schließlich gehen von der A.cerebri posterior eine Reihe von Ästen ab, zu denen die Aa.retro-mamillares, die Aa.perforantes Thalami, die A.quadrigena, die Aa.chorioideae posteriores und andere gehören.

Im Hinblick auf unser Thema führte SCHMIDT (1954) an, daß er über den Stammganglien in der Pia mater keine Arterienkreise beobachtet habe. VAN DER EEKEN (1953) beobachtete an der Hirnbasis kaum arterielle Anastomosen. An der Hirnkonvexität benutzen die Arterien andere Wege, um ans Ziel zu gelangen. SCHNEIDER (1950) beobachtete, daß die Gefäßmotorik der Gehirnarterien gegenüber dem CO₂- und O₂-Druck und dem arteriovenösen Druckgefälle eine untergeordnete Rolle spielt. Die Blutversorgung des Gehirnes ist trotzdem gesichert. VAN DER EEKEN (1953) zitiert BOUCKAERT und HEYMANN (1935): "...Der ganze Blutfluß des Gehirnes scheint ausschließlich von einem extracerebralen Gefäßmechanismus abzuhängen."

HEUBNER (1874) sah wohl als erster - wie er es nannte - "Kommunikationen" in der Pia mater zwischen den Versorgungsgebieten der einzelnen Hirnarterien jenseits des Circulus arteriosus WILLISII.

HIS (1880-85), MALL (1905), EVANS (1912), SABIN (1917), STREETER (1918)

und PADGET (1918) sprachen von einem embryonalen Gefäßnetz über der Cortex cerebri, aus dem später die Pia mater mit einem oberflächlichen venösen Netz und einer der Hirnsubstanz direkt aufliegenden, arteriellen Schicht hervorgeht. Dieses embryonale Netz ist nach VAN DER EEKEN (1959) noch nicht differenziert. Man vermißt die großen Arterien; alle Gefäße sind untereinander netzförmig verbunden und gleichrangig. VAN DER EEKEN verfolgte die Entwicklung dieses Netzes bis zum Abschluß der fötalen Periode: ... Bald nach Anlage eines undifferenzierten Netzes kommt es zu einer Verbindung mit den primitiven, vom Herzen ausgehenden großen Arterien. Der Circulus arteriosus WILLISII wird angelegt, und die drei Hirnarterien zeichnen sich allmählich über jeder Hemisphäre ab. Sie stehen noch untereinander in direkter Verbindung, und ihre Seitenäste sind durch sogenannte "Arterien Schleifen" verbunden. Die drei Stromgebiete der A. cerebri anterior, A. cerebri media und A. cerebri posterior sind noch nicht voneinander zu trennen. Vom 7. Monat des intrauterinen Lebens an werden diese Verbindungen dünner, die Versorgungsgebiete werden voneinander getrennt, und in den Randbezirken treten den postnatalen End-zu-End-Anastomosen ähnliche Formen auf. Der Blutstrom ist in den größeren Arterien flüssig, in den ursprünglichen Netzgebieten wird er immer mehr erschwert, und es kommt hier zu Rückbildungserscheinungen an den Gefäßen. Schon PFEIFER (1930) beobachtete, daß in der Pia mater lebenslänglich arterielle Anastomosen bestehen. Bei jüngeren Individuen traf er zahlreichere an als bei älteren. Aus den Beobachtungen VAN DER EEKENs (1959) läßt sich folgern, daß die arteriellen Anastomosen und Ringbildungen der Pia mater Überreste des ursprünglichen embryonalen Netzes sind. Nur ihre Benutzung garantiert den Bestand der Netzreste, da sie sonst fibrös veröden würden. PFEIFER sah weiterhin bei der Beschreibung der Gefäße im Gehirn, daß diese aus Ringen in der Pia mater kommen. Er schrieb den Ringen regulatorische Funktion bei der Blutversorgung der Cortex cerebri zu und wies in diesem Zusammenhang auch auf Hirnarterien hin, die zu diesen Ringen wieder zurückführen. Ischämische Zustände in der Cortex bringt PFEIFER mit der Frage in Zusammenhang, ob die Ringe feste Formen darstellen oder Veränderungen unterworfen sind. SCHMIDT (1954) beschreibt ebenfalls diese Ringe und die Abgänge von Hirnarterien (Piatrichter) in die Cortex cerebri. Er fand so eine Erklärung für die paradoxe Beobachtung, daß in der Pia mater Äste zu einem Ring hin- und dann nicht wieder wegführen. VAN DER EEKEN glaubt, daß die Anastomosen in der Pia mater über den einzelnen Gehirnbezirken lokalspezifischen Schwankungen unterworfen, sonst aber fixiert angelegt sind.

b) Ringsysteme in anderen Organen

SPANNER erwähnte 1937 Ringanastomosen in der Glandula submandibularis blieb jedoch bei allgemeinen Problemen der Blutzirkulation ohne nähere Beschreibung der Ringe. In einer Arbeit über Beobachtungen an Injektionspräparaten des Magens von BARLOW (1952) sind ohne nähere Beschreibung des Autors in den Abbildungen ebenfalls Ringanastomosen erkennbar. L. ILLIG (1961) will allgemein den Kapillarbegriff erweitern und spricht von einem "terminalen Strombett". Dieses gliedert er in einen Brückentyp und in einen Netztyp, wobei er Arbeiten von CHAMBERS und ZWEIFACH für die eine Form und solche von R. L. SAUNDERS und Mitarbeitern für die andere heranzieht. CHAMBERS und ZWEIFACH (1944) beschrieben am Mesenteriolum der Rattenappendix, sowie am Hunde- und Katzenomentum: Vor den eigentlichen Kapillaren sind die letzten Aufzweigungen der Arterien untereinander brückenartig verbunden. Erst aus diesen Gefäßen gehen die Kapillaren hervor. Sie sind gewissermaßen kurz geschlossen und brauchen nicht immer voll ausgelastet zu werden. Die Sonderform von Ringbildungen bleibt aber auf größere Gefäße beschränkt. R. L. SAUNDERS und Mitarbeiter (1957) untersuchten den Skelettmuskel des Menschen: Im Arteriolenbereich wird eine Netzbildung beobachtet, die direkten Anschluß an die Venolen hat. So kann der Kapillarkreislauf umgangen werden und ein Ausgleich des arteriovenösen Blutgefälles herbeigeführt werden.

Diese zwei morphologischen Begriffe von der Brücken- und Netzbildung, die zusammen mit dem eigentlichen Kapillarsystem von ILLIG unter dem Begriff des "terminalen Strombettes" zusammengefaßt werden, erfahren aber keine nähere Beschreibung ihrer Struktur.

c) Stellungnahme zu den eigenen Beobachtungen

In der Pia mater haben wir den einmaligen Fall vorliegen, daß sich Arterien an der Oberfläche eines Organes aufzweigen und schon kapillarähnliche Verknüpfungen bilden, um dann erst senkrecht absteigende Äste in die Gehirnrinde abzugeben. Dabei bestehen Verbindungen zwischen den Versorgungsgebieten der einzelnen Arterien untereinander. Es bieten sich zwei Möglichkeiten derartiger Verbindungen an, nämlich die der End-zu-End-Anastomose und die der Ringanastomose.

Gehen in den Randbezirken verschiedener Versorgungsgebiete größere Äste von zwei Arterien ohne Kaliberabfall oder kapilläre Aufzweigungen direkt ineinander über, so bezeichnet man sie als End-zu-End-Anastomose. Die

End-zu-End-Anastomose bildet eine morphologische und funktionelle Einheit, wobei eine Arterie einen Teil der Versorgungsaufgaben der anderen übernehmen kann. Zum Unterschied zu der Ring- und Netzformation liegt diese Art der Anastomose zwischen zwei verschiedenen arteriellen Stromgebieten und stellt die direkte Verbindung zwischen diesen Arterien her. Die beiden anastomosierenden Äste kommen aus verschiedenen Arterien, können aber ein gemeinsames Ursprungsgefäß haben. Sie bilden, um ihrer Aufgabe der Blutverteilung gerecht zu werden, gut begrenzte Versorgungsgebiete in der Pia mater und den abhängigen Partien der Gehirnrinde.

Nach PFEIFER (1930) und SCHMIDT (1954) besteht eine Ringanastomose aus dem eigentlichen Ring und dessen Ästen. Diese Äste können zum Ring hin- oder vom Ring wegführen. Die Ringform ermöglicht die Verbindung aller Äste untereinander. Je nach Kaliber kann ein Ast über einen anderen die zugeführte Blutmenge weiterleiten.

Ohne die Ringform wäre diese Möglichkeit von vornherein nicht gegeben, wenn man von anderen Faktoren wie Fragen des Kalibers und der Winkelverhältnisse absieht.

Je nachdem, wo der Ring liegt, wird er entweder von großkalibrigen Gefäßästen gebildet und weist entsprechend der ROUXschen Regeln eine definierte Form auf, oder er liegt abseits im Bereich niederkalibriger Äste und ist nicht so kräftig ausgebildet. So kann er auch einmal im Randbezirk zweier verschiedener arterieller Versorgungsgebiete liegen und eine ähnliche funktionelle Rolle wie eine End-zu-End-Anastomose übernehmen. Immer aber stellt er wegen der Vielzahl seiner Äste eine Ringanastomose dar. - Eine Ringanastomose ist eine zweidimensionale Einheit, in der über einen Ring Äste aus verschiedenen Richtungen zusammengeführt werden. Sie kann in jeder Größenordnung auftreten und bietet schon durch ihre Form und die Vielzahl ihrer Äste als Anastomose mehr funktionelle Möglichkeiten als die End-zu-End-Anastomose. - Einen weiteren Hinweis auf die mannigfachen funktionellen Möglichkeiten gibt die vom Ästekaliber abhängige Lage: einmal in der Rolle als End-zu-End-Anastomose, das andere Mal als Sammelpunkt. Schließlich sind durch die Möglichkeiten einer Verbindung von Ringanastomose zu Ringanastomose über Äste oder durch Seit-an-Seitlage viele Möglichkeiten zu einer großflächigen Anastomosensbildung gegeben. Letztere kann über Ringketten oder Ring in Netzformation erfolgen.

Die Befunde aus der Literatur (PFEIFER und SCHMIDT) sowie auch eigene mikroskopische Beobachtungen erlauben eine Erweiterung dieser flächenhaft ange-

ordneten Netze von Ringanastomosen in die 3. Dimension: Die die Hirnrinde durchbrechenden Gefäße ziehen senkrecht von der Unterseite der Piaarterien in das Gehirn. Diese Abgänge wurden von SCHMIDT (1957) als Piatrichter bezeichnet (s. Abb. 7).

Die Arterien zweigen von den Piagefäßen im rechten Winkel ab, senkrecht in die Hirnrinde eindringend. Die Piatrichter sind nicht nur an Ringe gebunden, sondern man trifft sie auch an gradlinig verlaufenden Gefäßen. Die Häufigkeit der Piatrichter steht möglicherweise in Zusammenhang mit den optimalen Versorgungsbedingungen für die cerebralen Gefäße. Einer solchen Arterie (Ramus perforans) stehen über die Ringanastomose alle zuführenden arteriellen Gefäße offen. Beim Ausfall eines zuführenden Gefäßes könnte über die anderen Einzugsgebiete die Blutversorgung über den Ring gewahrt bleiben. Weiterhin ist zu bedenken, daß die von der Pia mater in das Gehirn eindringenden Gefäße ein kleineres Kaliber haben. Es ist aber durch die Arbeiten von M. SCHNEIDER bekannt, daß die arterielle Durchströmung des Gehirnes schnell erfolgt, und die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz kleiner ist als bei anderen Organen. Diese optimale arterielle Versorgung ist durch die beschriebenen, vorgeschalteten Ringanastomosen gewährleistet. Man gewinnt bei der Betrachtung der Anastomosen den Eindruck, daß auf Grund der Vielzahl von Arterienästen die arterielle Blutzufuhr zu den Ringen, das Gesamtkaliber betreffend, größer ist als das Abflußgebiet durch die Arterien zur Gehirnrinde. Der Blutstrom im Hirn kann also immer konstant in Menge und Druck bleiben.

Damit nähert man sich einer Klärung der Frage, wie die Blutzirkulation in Pia mater und Gehirn optimal aufrechterhalten werden könnte, wenn die vasomotorische Innervation unter normalen Bedingungen nicht ins Gewicht fällt (M. SCHNEIDER 1950). Durch die Vielzahl an Möglichkeiten von Ringverbindungen untereinander (Ringketten und Ringe in Netzformation) entstehen nicht nur für die von den Piatrichtern abzweigenden Arterien beste Zufuhrbedingungen; es ist auch denkbar, daß von Ring zu Ring und weiter gefaßt, von einer größeren Arterie über eine verbindende Ringgruppe zum benachbarten arteriellen Versorgungsgebiet die Blutversorgung bei Verschuß eines Gefäßes aufrechterhalten werden kann. Den Ringanastomosengebieten würde dabei eine gewisse Speicherfunktion unterstellt. Örtliche Kreislaufstörungen in kleineren Piaarterien würden demnach funktionell an der Hirnrinde nicht in Erscheinung treten.

Man kann das arterielle Gefäßsystem der Pia mater funktionell in drei Abschnitte gliedern. Dabei finden sich gewisse Zusammenhänge mit den Arte-

rien von arteriellen Ringanastomosen: Große Arterien sorgen für die Zuführung des Blutes. In ihrem Bereich sind nur solitäre Ringanastomosen von klar ausgeprägter Form zu sehen. Der nächste, niederkalibrigere Gefäßabschnitt sorgt für die Verteilung des Blutstromes im Raum zwischen den großen Arterien. Es finden sich hier sowohl einzelne Ringanastomosen als auch netzbildende Formen. In den Piabezirken schließlich, von denen die Rami perforantes abgehen, sind nur noch netzbildende Formen von Ringanastomosen festzustellen. Sie tragen die erwähnten Piatrichter.

VAN DER EEKEN erwähnte Ringanastomosen noch nicht bei Namen. Er sprach lediglich von Anastomosen und makroskopisch sichtbaren Ringen. Seine Beobachtung, daß die Anordnung von Anastomosen in der Pia mater charakteristisch für die einzelnen Hirnbezirke ist, ist auf Grund der folgenden Überlegungen möglich. Der Blutbedarf des Gehirnes ist konstant und unterliegt keinen nennenswerten Schwankungen. Ein intracerebraler Gefäßumbau als Anpassung an geänderte Funktionen ist demnach unter normalen Verhältnissen kaum denkbar und bisher auch nicht beschrieben worden. Folglich kann angenommen werden, daß der unmittelbar vorgeschaltete Ringanastomosenabschnitt mit seinen Piatrichtern ebenfalls der Lage nach fixiert ist. Wenn PFEIFER (1932) nun topographische Hinweise über die arteriellen Verhältnisse in den einzelnen Gehirnbezirken herausgestellt hat, so kann es auch entsprechende topographische Fixpunkte für die Ringanastomosen der Pia mater über den einzelnen Gehirnabschnitten geben.

Kommt es im Laufe des Lebens dennoch zu Rückbildungen von Ringen, so werden wohl zuerst nur Ringteile betroffen, die die Blutverteilung innerhalb der Pia mater regeln sollen. Geklärt werden könnte diese Frage jedoch nur durch Reihenuntersuchungen von "Häutchenpräparaten" verschiedener Altersstufen und aus verschiedenen Bezirken über der Gehirnrinde.

D ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wurde der Versuch unternommen, den Begriff der Ringanastomose morphologisch und nur auf die Pia mater selbst bezogen darzustellen. Man findet geometrische Grundformen, die aber, abhängig von Gefäßkalibern, nicht immer klar ausgebildet sind. Besser ist es, wenn man sich in der Benennung nach der Zahl der Arterienäste des jeweiligen Ringes richtet, da die erwähnten Grundformen durch Schwankungen in Kaliber und Lage zu den großen Gefäßen verzerrt werden können. Der Begriff der Ringanastomose ist sehr um-

fassend. Er reicht von der einer End-zu-End-Anastomose gleichzusetzenden Verbindung über verschieden aufgebaute Ringgruppen im eigentlichen Aufzweigungsgebiet der Pia mater bis zu Ringen, die die Gehirnrinde direkt versorgen.

SCHRIFTTUM

- BARLOW, T.E.: Visceral Circulation, London: J.A.Churchill 1952, p.21
- BOUCKAERT, J.J. und HEYMANS, C.: On the Reflex Regulation of the Cerebral Bloodflow and the Cerebral Vasomotor. *Tone, J.Physiol.* 84, 367 (1935)
- CHAMBERS, R. und ZWEIFACH, B.W.: Topography and Function of the Mesenteric Capillary Circulation. *Amer.J.Anat.* 75, 173 (1944)
- DÖRFLER: *Arch.Psych.*, 1935, Berlin, D 103, 183
- EKKERS, E.H.: *Dissertatio anatomica inauguralis de cerebri et medullae spinalis systemate vasorum capillari in statu sano et morbo.* Utrecht 1852
- EVANS, H.M. u.a.: The Development of the Blood, the Vascular System and the Spleen. *Manual of Human Embryology*, KEIBEL and MALL, Philadelphia, Pa., J.B.Lippincott Co., Vol.II, 1912
- HESS, R.W.: Eine mechanisch bedingte Gesetzmäßigkeit im Bau des Gefäßsystems. *Roux Archiv* 16, 632 (1903)
- HEUBNER, O.: *Dieluetische Erkrankung der Hirnarterien*, Vogel, Leipzig 1874
- HIS, W.: *Anatomie menschlicher Embryonen*, Band III. Vogel, Leipzig 1880-85
- ILLIG, L.: *Die terminale Strombahn, Kapillarbett und Mikrozirkulation. Pathologie und Klinik in Einzeldarstellungen.* Springer-Verlag 1961
- MALL, F.P.: On the Development of the Cranial Arteries in the Human Embryo. *Amer.J.Anat.* 4, 1 (1905)
- PADGET, D.H.: The Development of the Cranial Arteries in the Human Embryo. *Contrib. to Embryology*, Carnegie Inst. of Washington, 3, 24 (1918)
- PFEIFER, R.A.: *Grundlegende Untersuchungen für die Angioarchitektonik des menschlichen Gehirnes.* Springer-Verlag, Berlin 1930.
Anastomosen der Hirngefäße, *Journal für Psychologie und Neurologie* 42, 1-172 (1931)

- ROUX, W.: Über die Verzweigungen der Blutgefäße des Menschen.
Inaug.-Dissert. Jena, Jena. Z.Naturwiss. 12 (1878), wieder abgedruckt in: Ges.Abh.Entw.Mechan. 1 (1895)
- SABIN, F.R.: Origin and Development of the Primitive Vessels of the Chicken and the Pig. Contrib. Embryology, Carnegie Inst. Washington, No 18, 61-124 (1917)
- SAUNDERS, R.L. und Mitarb.: The Anatomic Basis of the Peripheral Circulation in Man. On the Concept of the Macromesh and Micromesh as illustrated by Blood Supply of Muscle in Man.
Peripheral Circulation in Health and Disease, New York: Grune and Stratton 1957
- SCHMIDT, H.W.: Über Anordnung und Hämodynamik der arterio-arteriellen Anastomosen in der Pia mater. Zeitschrift für ges.exper.Med. Berlin, 125, 229-35 (1954)
Arterial Circles in Man. Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde 172, 526-530 (1954)
- SCHNEIDER, M.: Verh.Dtsch.Ges. Kreislaufforschung, 19.Tgg. (1935).
Erg.Physiol. 46, 186 (1950)
- SCHULTZ, A. und KNIBBE, H.J.: Neue Erkenntnisse über die normale und pathologische Histologie der weichen Hirnhäute durch die Untersuchungen in "Häutchenpräparaten". Teil I und II. Frankfurt, 2.Path., 63, 455-471 und 472-492 (1952)
- SPANNER, R.: Der Abkürzungskreislauf der Glandula submaxillaris. Z. Anat. 107, 124 (1937)
- STEEGMANN, A.Th.: A Note on the Anatomy of the Meningeal Blood Vessels. Section of Neurology, University of Kansas City (1958)
- STREETER, G.L.: The Developmental Alterations in the Vascular System of the Brain of the Human Embryo. Contribution to Embryology, Carnegie Inst. of Washington 3, 24 (1918)
- VAN DER EEKEN, H.: The Anatomy and Functional Significance of the Meningeal Arterial Anastomoses of the Human Brain. Journal of Neuro-pathology and Experim.Neurology, p.132-157 (1953).
The Anastomoses between the Leptomeningeal Arteries of the Brain, their Pathological, Morphological and Clinical Significance. Springfield Ill.: Thomas 1959, xvi 160 s.

LEBENS LAUF

Am 10.2.1941 wurde ich, Hans-Jost Schaumann, als Sohn des Prokuristen Ernst Schaumann und seiner Ehefrau Marie, geb. Münchau, in Stettin geboren.

1945 flüchteten meine Eltern mit mir nach Schleswig-Holstein, nachdem wir ein halbes Jahr unter russischer Besatzung gelebt hatten. Wir wohnten bis 1950 in St.Peter-Ording. Hier besuchte ich seit 1947 die Volksschule. 1950 wurde unsere Familie in die Pfalz umgesiedelt. Zunächst wohnten wir in Carlsberg, seit 1951 in Grünstadt. Von 1951 bis 1957 war ich auf dem Grünstadter Progymnasium; von 1957 bis 1960 war ich Schüler im Neusprachlichen Gymnasium in Bad Dürkheim. Dort legte ich 1960 das Abitur ab.

Mein medizinisches Studium absolvierte ich vom Sommersemester 1960 bis zum Wintersemester 1965/66 an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Ich legte folgende Prüfungen ab: die naturwissenschaftliche Vorprüfung im Frühjahr 1961, die ärztliche Vorprüfung im Herbst 1962 und das medizinische Staatsexamen im Winter 1965/66.

Im Februar 1966 heiratete ich die Krankengymnastin Helga Otto.

Die ersten 6 Monate meiner Medizinalassistentenzeit verbrachte ich von Mai bis Oktober 1966 an der chirurgischen Klinik des Städtischen Krankenhauses in Singen/Hohentwiel. Seit November 1966 leiste ich in der medizinischen Klinik des Städtischen Krankenhauses Ludwigshafen/Rh. einen weiteren Teil meiner Medizinalassistentenzeit ab.

